

Fiche de poste – Post-doctorant(e)

Titre du poste

Régulation du cycle du phosphore dans les grands lacs périalpins sous l'effet de l'invasion de la moule quagga : modélisation, scénarios et implications pour la gestion

Contexte et institut d'accueil

Le/la candidat(e) sera accueilli(e) au sein du laboratoire d'écologie lacustre CARRTEL (Centre Alpin de Recherche sur les Réseaux Trophiques et Écosystèmes Limniques, UMR INRAE – Université Savoie Mont Blanc). Le CARRTEL est reconnu internationalement pour ses travaux sur le fonctionnement des écosystèmes lacustres et sur les cycles biogéochimiques, et accompagne les gestionnaires pour faire face aux pressions en cours (changement climatique, pressions anthropiques, espèces invasives). Le projet s'inscrit dans le cadre du projet ANR QUALAG (PI : Dr Stephan Jaquet), dédié à l'étude des nouvelles contraintes pesant sur les grands lacs européens, et plus particulièrement à l'évaluation des effets de l'espèce invasive *Dreissena rostriformis bugensis* (moule quagga) sur le cycle du phosphore et le fonctionnement biogéochimique du lac Léman.

Description du projet

Ce projet de post-doctorat vise à développer et appliquer une approche de type bilan de masse du phosphore (P) dans Lac Léman, qui servira de site pilote pour les lacs périalpins, colonisés récemment par la moule quagga (*Dreissena rostriformis bugensis*). Il est admis que dans les grands Lacs, l'invasion de la moule quagga modifie en profondeur les cycles biogéochimiques (cas typique des grands lacs nord-américains dont l'invasion par la moule est plus ancienne): la biomasse de moules filtre et accumule de grandes quantités d'éléments chimique, notamment du phosphore (P), ce qui modifie les flux benthiques et pelagiques, altère la productivité générale du lac et a des incidences sur les services fournis par les lacs (e.g. ressources piscicole). Ces changements ont en outre de lourdes conséquences sur la régulation des flux entrants/sortants de nutriments qui conditionne l'état et le fonctionnement du lac, et lance un défi de gestion assurer les services et la production piscicole.

Dans le contexte européen de l'étude, l'objectif est d'adapter et d'étendre un modèle de bilan de masse au lac Léman (e.g. Li et al., 2021), en prenant en compte les spécificités locale (temps de résidence, profondeur, charge en P, données de suivi, dynamique de colonisation de la moule) et en testant des scénarios de colonisation, d'évolution de biomasse de moule et de changement climatique (température, filtration, physiologie). Le projet bénéficiera de collaborations fortes avec les collègues impliqués dans le projet ANR QUALAG sur les volet expérimentation.

Objectifs du travail

Les résultats attendus comprennent notamment :

1. Calibration et validation du modèle de bilan massique du P (concentrations d'eau, stocks vivants et morts de moules, coquilles, bio-dépôts) en s'appuyant sur les données de suivi du lac (colonne d'eau, sédiments, moules) et sur les équations de type Katsev (2017) / Li et al. (2021).
2. Simulation de scénarios de colonisation par la moule quagga : progression dans la colonne profonde, accroissement de biomasse, effets sur les stocks de P dans l'eau et dans les sédiments à long terme (ex : horizon 2050–2100).
3. Intégration de scénarios de changement climatique, e.g., Desgué-Itier et al., (2023) (effet de la température sur la filtration et la physiologie de la moule, sur les flux benthiques, sur la sédimentation et recyclage du phosphore) et évaluation de leurs conséquences sur la dynamique du P et la gestion de la qualité de l'eau.
4. Élaboration de recommandations pour les gestionnaires de lacs (par exemple CIPEL – Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman) en matière d'objectifs phosphore et de suivi de la moule invasive.

Méthodologie et tâches principales

- Revue critique de l'approche de Li et al. (2021) et de la littérature associée (modèles de bilan massique du P, moules dreissénid, dynamique benthopelagique, sédimentation, recyclage).
- Développement du modèle de bilan massique adapté : simulation des concentrations de P dans la colonne d'eau, des stocks de P dans biomasse de moule vivante, moule morte, coquilles, bio-dépôt et flux : entrées, sortie par exutoire, sédimentation, recyclage, uptake filtration, excrétion, égestion, reminéralisation des restes de moules selon Li et al.
- Consolider par l'expérimentation les flux benthiques (i.e. émissions/recyclage depuis les sédiments) et estimation de la capacité de rétention du P par les sédiments. Pourra être réalisé par des incubations de sédiment le long d'un gradient de profondeur.
- Calibration / validation du modèle à partir des séries de données disponibles (monitoring P, données moule, sédiment) pour le lac Léman collecté dans le cadre du projet QUALAG (workpackages connexes).
- Simulation de différents scénarios : (i) colonisation progressive/universalisation de la moule ; (ii) stabilisation de biomasse ; (iii) changement climatique (ex : +2 °C, +4 °C) avec effet sur filtration, métabolisme de la moule, recyclage benthique.
- Analyse de sensibilité et évaluation de la robustesse des résultats vis-à-vis des incertitudes de paramètres (ex : taux de filtration, mortalité moule, vitesse de sédimentation, recyclage sédimentaire).
- Rédaction d'articles, et présentation des résultats en conférence.

Profil recherché

- Doctorat en limnologie, sciences de l'eau, écologie des écosystèmes aquatiques, modélisation environnementale ou discipline connexe.

- Excellente maîtrise des outils de modélisation et/ou des approche bilan de masse, et utilisation des outils de programmation (e.g. Python, R ou MATLAB).
- Bonne connaissance des processus biogéochimiques lacustre est fortement souhaitée.
- Capacité à traiter et à analyser des séries de données de suivi limnologique et à intégrer des scénarios de changement climatique.
- Bonne maîtrise de l'anglais (écrit et oral) ; le français est souhaitable, mais pas indispensable.
- Esprit d'équipe, autonomie, curiosité scientifique et capacité à produire des livrables (publications, rapports, présentations).

Conditions et calendrier

- Contrat à temps plein, durée prévue : 18 mois.
- Date de début souhaitée : 1er trimestre 2026.
- Lieu : station CARRTEL INRAE Thonon-les-Bains (France).
- Date limite de candidature : fin décembre 2025.
- Rémunération conforme aux conditions INRAE pour post-doc + avantages sociaux.

Encadrement

Le/la post-doc travaillera sous la responsabilité de Dr Jean-Philippe Jenny, avec co-encadrement de Dr Victor Frossard et le soutien technique de Benjamin Alric (modèles mécanistiques). Il/elle sera intégré(e) à l'équipe limnologique de l'institut, avec accès aux données de suivi, aux plateformes computationnelles et à des échanges réguliers avec les gestionnaires du lac.

Collaborateurs

Stéphane Jacquet (Porteur du projet QUALAG)

Jean-Nicolas Beisel (engees)

Baastian Ibelings

Contacts

Pour tout complément d'information, merci de contacter :

Dr Jean-Philippe Jenny : jean-philippe.jenny@inrae.fr

Dr Victor Frossard : victor.frossard@univ-smb.fr

References

- Desgué-Itier, O., Melo Vieira Soares, L., Anneville, O., Bouffard, D., Chanudet, V., Danis, P.A., Domaizon, I., Guillard, J., Mazure, T., Sharaf, N., Soullignac, F., Tran-Khac, V., Vinçon-Leite, B., Jenny, J.-P., 2023. Past and future climate change effects on the thermal regime and oxygen solubility of four peri-alpine lakes. *Hydrology and Earth System Sciences* 27, 837–859. <https://doi.org/10.5194/hess-27-837-2023>
- Li, J., Ianaiev, V., Huff, A., Zalusky, J., Ozersky, T., Katsev, S., 2021. Benthic invaders control the phosphorus cycle in the world's largest freshwater ecosystem. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118, e2008223118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2008223118>